

Maaperän fysikaalisten ominaisuuksien vaihtelu ja ennustamisen mahdollisuudet

Metsäoperaatioiden tehostaminen ja laadun parantaminen olosuhdetiedon hyödyntämisen avulla (Meolo-hanke)

Juha Heiskanen
Luonnonvarakeskus (Luke)
Luonnonvarat - Maaperäekosysteemit
Neulaniementie 5, FI-70210 Kuopio

Metsätieto ja sähköiset –palvelut hankkeen Olosuhdetietojen inventointimenetelmät –teeman asiantuntijaryhmän kokous
MTK, Simonkatu 6, Helsinki 7.9.2018



Luke / J. Uusitalo

© Natural Resources Institute Finland



Taustaa: Metsämaan kantavuus

Noin 40% kaikista puunkorjuukohteista on ainakin osan vuodesta merkittäviä ongelmia maaperän kantavuudessa

- Maaperä (maalaji, org.kerroksen paksuus, topografia)
- Sääolot (=>maan vesipitoisuus)

Pääsääntöisesti heikosti kantavat maat (ns. pehmeät maat)

- Turvemaat (¼ puuston kasvusta, pääosin rämeitä)
- Hienojakoiset kangasmaat



Figure 8. Average measured rolling resistance values (□) on each soil type for a loaded forwarder, together with predicted values (●) based on a digital soil type map and the rolling resistance coefficients presented in Table 1.

Maalaji	Kosteus	Kantavuus, kPa
Turve		20
Hiekka	Kuiva	200
Hiekka	Märkä	400
Hieno sora		500
Karkea sora		200-600
Pehmeä savi	Märkä	100
Savi	Kostea	200
Savi	Kuivahko	400
Lumipolanne		900

Ragot 1976 (from Saarilahti 1991)

Suvinen, A., Tokola, T. & Saarilahti, M. 2006. A GIS-based simulation model for terrain trafficability. Journal of Terramechanics. 43. 427-449. 10.1016/j.jterra.2005.05.002.



Taustaa: Suomen metsämaat

Suomen metsämaat ovat pääosin moreenia (maaperäkarta 1:1 milj.)

- Moreenit 53.4%
- Lajittuneet maat 17.2%
- Turvemaat 15.5% (>1 m turvekerros)
- Kalliot ja louhikot 13.9% (<1m maakerros)

Maa-alasta 1/3 eli 8.9 milj. ha on suota (kun >30 cm turvekerros)

Moreeni koostuu eri lajitteista ja nimetään keskimääräisen lajitteen mukaan

- 10% sormoreeni SrMr
- 75% hiekkamoreeni HkMr (Hk, Ht)
- 15% hienoaineksinen moreeni HMr (Hs, S)

Lajittuneet maat

Sisältävät vallitsevan lajitteen sekä pienempiä määriä muita lajitteita

- Somerot (harjusora)
- Hiekkamaat
- Hietamaat (pääasiassa hietaa, savesta <20 %)
- Hiesumaat (pääasiassa hiesua, savesta yl. 20-30 %, hietaa vähän)
- Savimaat



Luke / J. Heiskanen

3/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



Taustaa: Hienojakoiset maat

Hienojakoisia (<0.06 mm) metsämaita Suomessa noin 1.8 milj. ha eli 12.2 % (VMI9)

- savi- ja hiesumaita on kumpiakin noin 3 %
- muita hienojakoisia (HHT) noin 6 %
- eniten 27% Häme-Uusimaalla, vähiten 7% Etelä-Pohjanmaalla ja Lapissa

Maaperäkartoituksessa hienojakoinen maa sisältää

- >30% hienoainesta (<0,06 mm) josta
- >5% savea (<0,002 mm)

Alle 0.06 mm lajitteet = savi, hiesu ja hieno hietä

- "siltti" = hiesu ja hieno hietä



Luke / E. Oksanen

Lajite	Lyhenne	Raekoko,	Karkeus	Tunnistus	Ominaisuuksia
lohkareet		>200	Karkeat	Raekoko selvästi	Läpäisee vettä
kivet		20-200	lajitteet	nähtävissä	helposti
karkea sora	kSr	6,0-20,0		silma- ja varaisesti	
hieno sora	hSr	2,0-6,0			
karkea hiekka	kHk	0,6-2,0	Keskikarkeat	Yksittäiset rakeet	Vedenläpäisevyys ja
hieno hiekka	hHk	0,2-0,6	lajitteet	irralaisia ja silmin	pidätys usein
karkea hietä	kHt	0,06-0,2		erotettavissa	tasapainossa
hieno hietä	hHt	0,02-0,06	Hienot	Yksittäisiä rakeita	Tiivistä ja routivaa .
karkea hiesu	hHs	0,006-0,02	lajitteet	ei erota silma-	Märkänä juoksevaa,
hieno hiesu	hHs	0,002-0,006		varaisesti. Kos-	vedenläpäisevyys
saves	S	<0,002		tutettuna pyöritet-	heikko
				tävissä <4 mm	
				paksuinen pötkö	

4/12

07.09.2018

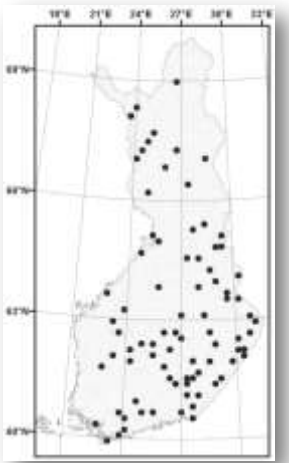
© Natural Resources Institute Finland



Tutkimus 1: Maan fysikaalisten ominaisuuksien vaihtelu ja ennustaminen Suomen kangasmailla

Aineisto ja menetelmät:

- VMI8 koealojen maaperä- (BioSoil) ja puustodata
- Koealoja: 82 kpl
- Muuttujat: maan fysikaaliset tekijät (vedenpidätyskyky, maalaji, humuskerroksen paksuus ym.), kasvilajien peittävyyydet ja puustotunnukset
- Mallinnus: tilastolliset siirtofunktiot (kiinteitä ja sekamalleja) käyttäen epäsuoria, yhteisvaihtelevia selittäviä muuttujia
- Tavoite: Löytää uutta tietoa ja malleja ekologisen ja metsäoperaatioiden mallintamisen sekä käytännön metsänhoidon avuksi (=> kantavuuskartoituksen parantaminen)



Julkaistu aineisto:

- Heiskanen J., Hallikainen V., Uusitalo J., Ilvesniemi H. (2018). Maan fysikaalisten ominaisuuksien ja kasvupaikkatekijöiden yhteisvaihtelu Suomen kangasmailla. Metsätieteen aikakauskirja 2018-10024. Tutkimusseloste. 2 s. <https://doi.org/10.14214/ma.10024>
- Heiskanen J., Hallikainen V., Uusitalo J., Ilvesniemi H. (2018). Co-variation relations of physical soil properties and site characteristics of Finnish upland forests. Silva Fennica vol. 52 no. 3 article id 9948. <https://doi.org/10.14214/sf.9948>

5/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



Tutkimus 1: Tuloksia...

Table 1. Summary statistics for the selected major response variables with the three most significant (Anova F-test) explanatory variables. Site type and soil layer are categorical variables.

Fixed models:						
Variable	Multiple R ²	Adjusted R ²	Residual SE	Explainer1	Explainer2	Explainer3
H100 (model a)	0.829	0.813	2.75	Site type	Temperature sum	Fine fraction
H100 (model b)	0.718	0.702	3.50	Temperature sum	pH (0-6cm)	WC10
(H-layer) ^{0.2}	0.498	0.479	0.30	pH (0-6cm)	Xeric species*	Mesic species*
(Fines) ^{0.3} (model a)**	0.482	0.424	1.21	Site type	Temperature sum	Slope
Mixed models:						
Variable	Conditional R ²	Marginal R ²	Residual SD	Explainer1	Explainer2	Explainer3
(Fines) ^{0.3} (model b)	0.894	0.624	0.732	WC10	Soil layer	Site type
Db (model a)	0.717	0.450	0.085	Org.	Soil layer	Soil layer:Org.
Db (model b)	0.665	0.473	0.094	(Org) ^{0.5}	Slope	Soil texture class
TP (=WC0)	0.694	0.403	3.26	Soil layer	Org.	Slope
WC1	0.597	0.477	4.49	Total porosity	Fine fraction	Slope
WC10	0.806	0.655	4.21	Fine fraction	Db	Slope
(WC100) ^{0.5}	0.796	0.478	0.46	Fine fraction	Soil layer	Org.
(WC1500) ^{0.5}	0.597	0.319	0.61	Db	Herb-rich species*	-
(AFP1) ^{0.5}	0.688	0.537	0.54	Soil layer:Db	Soil layer	Soil texture class:Db
AFP10	0.853	0.651	3.55	Fine fraction	Db	Soil layer:Db

Db = bulk density, Org. = organic matter (%), Fines = soil fine fraction.

* the cover percentages of plant species indicating site quality (see Table 1), ** the fine fraction as a mean of layers.

6/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



Tuloksia...

- **Puuntuotoskyky** (H100 indeksi) osoitti korkeaa selitysasetta suhteessa kasvupaikan tehoisaan lämpötilasummaan
- Merkitsevä yhteisvaihtelu myös maan hienoainesosuuden (<0.06 mm), pintamaan pH-arvon ja kenttäkapasiteetin (-10 kPa matriisipotentiaalın) vedenpidätyskyvyn kanssa
- Maan **humuskerroksen paksuus** selitettävissä pH-arvon sekä kuivan ja tuoreen kasvupaikan kasvilajien peittävyiden perusteella.

(Tarkat mallit löytyvät julkaisusta)

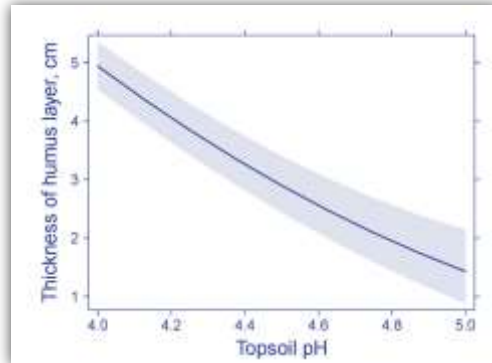


Fig. 2. Predicted relation of the thickness of the humus layer to topsoil pH (0–6 cm) (see the fixed model in Table 3). The shaded area denotes a 95% confidence interval.

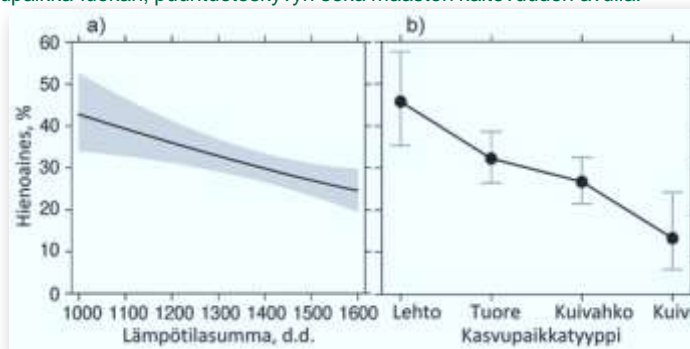
7/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland

Tuloksia...

- Maan **hienoainesosuus** selittyi hyvin kenttäkapasiteetin vedenpidätyskyvyn, maakerroksen syvyyden ja kasvupaikkaluokan avulla.
- Hienoainesosuus selittyi ilman vedenpidätyskykyä myös lämpötilasumman, kasvupaikka-luokan, puuntuotoskyvyn sekä maaston kaltevuuden avulla.



Kuva 1. Mallinnettu suhde maan hienoainesosuuden (raekoko <0.06 mm) ja a) lämpötilasumman sekä b) kasvupaikkatyyppin kanssa. Varjostettu alue sekä pystyjanat osoittavat 95% luottamusväliä.

8/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland

Tuloksia...

- **Maan tiheys** selittyi hyvin orgaanisen aineksen pitoisuuden ja maakerroksen syvyyden avulla sekä myös orgaanisen aineksen pitoisuuden, maaston kaltevuuden ja maastossa arvioitun keskiraekoon avulla (hieno <0.06 mm, keskikarkea 0.06–0.6 mm ja karkea >0.6 mm).

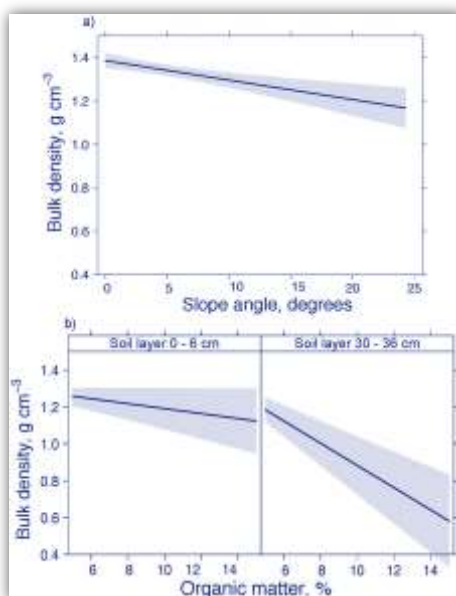


Fig. 4. Predicted relations of the soil bulk density to the terrain slope angle and soil organic matter by soil layer (see the mixed effects model in Table 3). The shaded area denotes a 95% confidence interval.

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



9/12

Tuloksia...

- Maan **vedenpidätyskyky** oli parhaiten määriteltävissä hienoaainespitoisuuden, maakerroksen syvyyden ja tiheyden avulla
- Erityisesti maan **kenttäkapasiteetin** vedenpidätyskyky ja ilmatila olivat selitettävissä hienoaainesosuudella



Luke /Juha Heiskanen

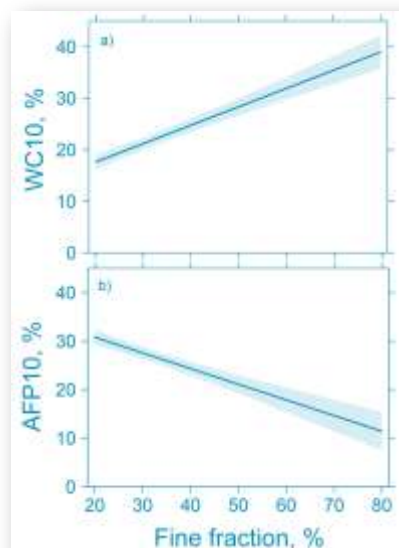


Fig. 5. Predicted relation of the water content (WC10) and air-filled porosity (AFP10) at -10 kPa matric potential to the soil's fine fraction content (clay + silt) (see the mixed models in Table 4). The shaded area denotes a 95% confidence interval.

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland

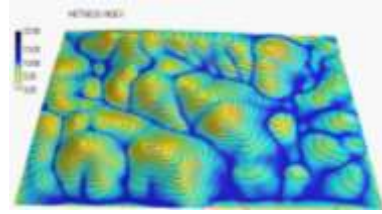


10/12

Tutkimus 2

Täydennetty aineisto:

- Tarkennettu **tavoite**: hienoaineen määrän ja humuskerroksen paksuuden mallinnus => kantavuuskartoituksen parantaminen
- Lisää **koealoja**: 521 kpl (maalajit: 0-10 cm kerros)
- VMI8 koealojen maaperä- (BioSoil) ja puustodata
- Lisäksi laskettu selittäviä **muuttujia** (Aura Salmivaara):
 - TWI-indeksi** (topographic wetness index) laskettu Suomelle käyttäen digitaalista korkeusmallia (DEM) 16 m hilassa,
 $TWI = \ln(A/\tan\beta)$, A = yläpuolisen valuma-alueen ala ja β = rinnekaltevuus (astetta)
 - DTW-indeksi** (cartographic depth to water), kuvaa laskentapisteen pienintä korkeuseroa alapuolisen vesiuoman korkeusasemaan (karttadata 2 m tai 10 m resoluutiolla)
 $DTW(m) = [\sum ((dzi/dxi)a)] Xa$, (Murphy et al. 2009)
 - Gamma-säteilyn vaimenemisen lentoaineisto** (GTK), on verrannollinen maan kosteuteen ja maan mineralogiaan



gis4geomorphology.com/hillslope-wetness-index/
Image courtesy of Helena Mitasova

Gammasäteilystä mitattavissa myös luonnon kalium-, thorium- ja uraanikomponentit sekä totaalisäteily. Komponenttisuhte riippumaton kosteusolosuhteista, jolloin maalajit erottettavissa:

- Kalium/Thorium (K/Th): Erottaa karkeat ja hienot maalajit toisistaan
- Thorium/Uraani (Th/U): Erottaa siltit savista
- Uraani/Kalium (U/K): Erottaa hiekat, siltit ja savet

11/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



Tutkimus 2...

Analyysit vasta alussa, mutta alustavasti näyttää että

- DTW-indeksi** antaa parempia selityssasteita suhteessa maaperä- ja topografiatunnuksiin kuin **TWI**
- DTW pikselikoko 1 ha antaa parempia selityssasteita kuin 4 ha (=>0.25 ha?)
- gamma**-aineiston selityssasteet alhaisia ($R^2 < 0.13$)

Vanhon gamma-aineistojen (v. 1972-2007) **erottelu- ja paikannustarkkuus karkea** (Yli-Halla ym. 2003, Lilja ym. 2017):

- Mittausten lentoväli 200 m
- Mittausajankohta vaihtelee (vuosi+pvm)
- Mittauskeila melko laaja
- Paikannustarkkuus heikko

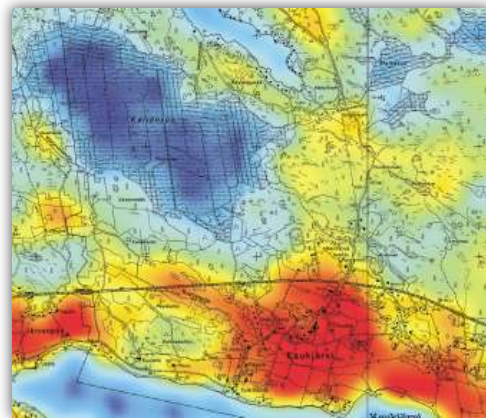
=>**Uusia satelliitti-, lento- ja maamittauksia?**

Yli-Halla, M., Talkkari, A., Nyholm, R., Nevalainen, R., Lerssi, J., Väänänen, T., Tamminen, P., Starr, M. 2003. Numeerinen Suomen maannostietokanta mittakaavassa 1:250 000 – pilottihanke. MTT:n selvityksiä 44. 52 s
 Lilja, H., Uusitalo, R., Yli-Halla, M., Nevalainen, R., Väänänen, T., Tamminen, P., Tuhtar, J. 2017. Suomen maannostietokanta : Käyttöopas versio 1.1. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 6/2017. 68 s.

12/12

07.09.2018

© Natural Resources Institute Finland



Esimerkki lentomittauksista tuotetusta gammasäteilykartasta. Paksuimmat suot ja järvet näkyvät sinisenä, joissa gammasäteily vaimenee eniten. Louhikot ja harjut näkyvät punaisena. (Virtanen, K., Hänninen, P., Kallinen, R-L., Vartiainen, S., Herranen, T. ja Jokisaari, R. 2003. Suomen turvevarat 2000. Geologian tutkimuskeskuksen tutkimusraportti 156. Espoo. 101 s.).

Kiitos !

© Natural Resources Institute Finland

